

高不純物濃度酸化物コンタクトによるナノワイヤ分子センサの高信頼化

Long-Term Stability of Oxide Nanowire Chemical Sensors by Metal Oxide Contact Layer

¹九大 先導研, ²九大 総理工○高橋 綱己¹, Hao Zeng², 金井 真樹¹, Guozhu Zhang¹, Yong He¹, 長島 一樹¹, 柳田 剛^{1,2}¹IMCE, Kyushu Univ., ²Eng. Sci., Kyushu Univ.°T. Takahashi¹, H. Zeng², M. Kanai¹, G. Zhang¹, Y. He¹, K. Nagashima¹ and T. Yanagida^{1,2}

E-mail: takahashi.t@cm.kyushu-u.ac.jp

【背景および目的】 近年, 疾病の呼気診断や毒物の検知などに向けて, 気相中の分子を電気的に検出する分子センサが盛んに研究されている. 中でも金属酸化物ナノワイヤを用いた分子センサは小型・高感度かつ低消費電力[1]であることから, 今後ますます IoT 化が加速していく社会で強く求められているデバイスである. IoT 機器におけるセンサでは長期間に渡って大量にデータを取得することが前提となるため, 素子特性の長期信頼性は感度や消費電力と並ぶ本質的な要求項目である. しかし, 周囲の環境に曝されており, 200°C程度の加熱が必要になる分子センサデバイスでは長期信頼性と感度の両立は根源的な課題であり, 既報の保護膜を用いたナノワイヤの特性安定化[2]も適用できない. このようなナノ電子デバイスでは, 界面特性, すなわちナノワイヤと電極のコンタクト界面特性の安定性がセンサデバイス全体の信頼性を決定すると考えられる. 本研究では, 従来の金属コンタクトと提案する高不純物濃度金属酸化物コンタクトを有する酸化物ナノワイヤデバイスを作製し, 電気特性およびセンサ特性の長期安定性を評価したので報告する.

【実験方法】 SnO₂ ナノワイヤデバイスを pulsed laser deposition (PLD) 法, 電子線リソグラフィにより作製した. ナノワイヤと電極のコンタクト材料として, Ti と Sb を添加した SnO₂ (Antimony-Doped Tin Oxide: ATO) をそれぞれ RF スパッタおよび PLD によって堆積した. コンタクト抵抗 (R_c) およびナノワイヤ抵抗率を 4 端子法によって抽出し, 長期安定性評価に際しては素子を大気中で 200°C に加熱した. また, センサ特性として NO₂ (100 ppm) に対する電気抵抗変化を測定した.

【結果および考察】 I - V 特性の加熱時間依存性から, 広く用いられている Ti コンタクトでは数時間で抵抗が顕著に増加し始めるのに対し, ATO では 2000 時間近くに渡り特性が変化しないことがわかった. 4 端子評価により, この Ti コンタクトデバイスの特性劣化が R_c の急激な増加に起因することが明らかになった (図 1a). これは, Ti が酸素雰囲気中の加熱により酸化され, 電極-ナノワイヤ間にショットキー障壁が形成されたためであると考えられる. 一方で ATO は高温・酸素雰囲気中でもきわめて安定であるため十分低い R_c を維持でき, 素子特性の長期安定性を確保できる. さらに, ATO コンタクトの有用性をセンサ特性の長期安定性評価によって確認した. Ti コンタクトでは急激に NO₂ に対する抵抗変化率が劣化するのに対し, ATO コンタクト素子のセンサ性能はほぼ一定であった (図 1b). 以上から, 高不純物濃度の酸化物コンタクトによって金属酸化物ナノワイヤ分子センサの長期信頼性が劇的に改善することが示された. 本手法は他の酸化物材料にも適用可能であることから, 酸化物ナノワイヤの電子デバイス応用展開に大きく貢献する重要な知見である.

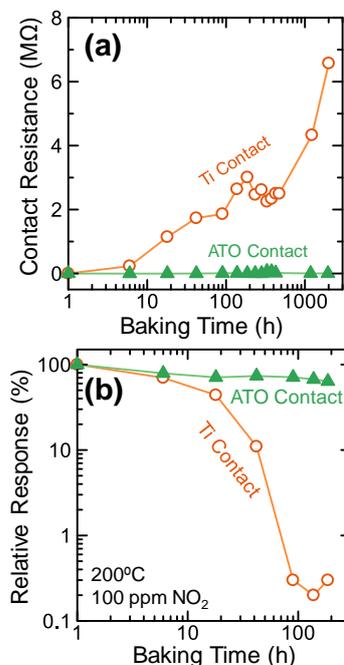
[1] G. Meng, TT *et al.*, *ACS Sensors*, **1**, p. 997 (2016).[2] W. Zhou, *et al.*, *Nano Lett.*, **14**, p. 1614 (2014).

図 1: (a) 加熱時間とコンタクト抵抗の関係. (b) 加熱時間とセンサ感度の関係.